



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

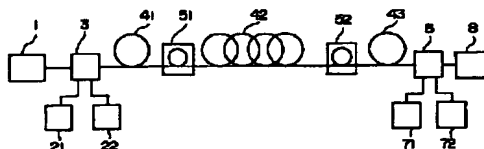
(11) Publication number: **09197452 A**(43) Date of publication of application: **31.07.97**

(51) Int. Cl. **G02F 1/35**  
**G02F 1/35**  
**H04B 10/17**  
**H04B 10/16**

(21) Application number: **08004500**(71) Applicant: **NEC CORP**(22) Date of filing: **16.01.96**(72) Inventor: **AOKI TAKAHIRO****(54) OPTICAL FIBER COMMUNICATION SYSTEM****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To furthermore extend the span length of a very long span communication system for sending excitation light from both transmitting and receiving ends to an optical fiber amplifier on an optical fiber transmission line.

**SOLUTION:** Since an output from an exciting semiconductor laser has an upper limit, 2nd excitation light shorter than the wavelength of 1st excitation light by the Ramon shift distance of an optical fiber transmission line 41 to 43 is inputted from both the transmitting and receiving ends together with the 1st excitation light. The 2nd excitation light is shifted to the 1st wavelength by a Raman scattering effect during the transmission of the transmission line 41 to 43 and the power of the 1st excitation light is increased, so that the span length can be furthermore extended.



COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9 - 1 9 7 4 5 2

(43) 公開日 平成9年(1997)7月31日

(51) Int. Cl. °	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G O 2 F 1/35	5 0 2		G O 2 F 1/35 5 0 2	
	5 0 1			5 0 1
H O 4 B 10/17			H O 4 B 9/00 J	
10/16				

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 4 頁)

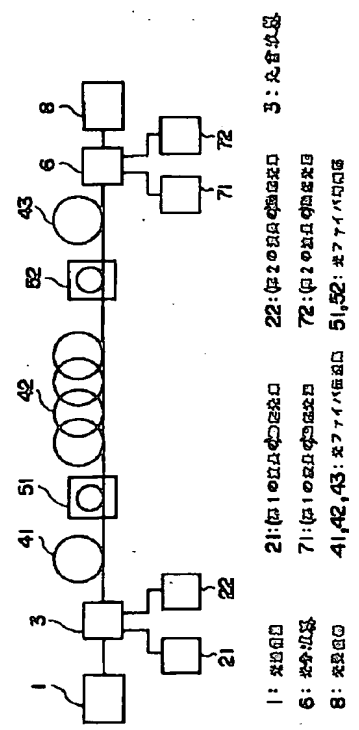
(21) 出願番号	特願平8-4500	(71) 出願人	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(22) 出願日	平成8年(1996)1月16日	(72) 発明者	青木 恭弘 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式 会社内
		(74) 代理人	弁理士 後藤 洋介 (外2名)

(54) 【発明の名称】 光ファイバ通信方式

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 光ファイバ伝送路上の光ファイバ増幅器に送受両端から励起光を送る超長スパン通信方式のスパン長を更に長くする。

【解決手段】 励起用半導体レーザの出力には上限があるので、励起光の波長（第1）からファイバ伝送路のラマンシフト量だけ短い波長の第2の励起光を第1の励起光と共に送受両端から送り込む。すると第2の励起光はファイバ伝送路を伝搬中にラマン散乱効果で第1波長にシフトして第1の励起光のパワーを増大させるのでスパン長をさらに延ばすことができる。1は光信器、8は光受信器、21、71は第1波長の励起光源、22、72は第2波長の励起光源で、3は送信で信号光と励起光の合波器、6は増幅された信号光を取り出す分波器で、71、72の励起光源からの励起光を信号光と逆方向に送る作用もする。41、42、43は光ファイバ伝送路、51、52は光ファイバ増幅器で、これら全体で改良された超長スパン通信系を構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバ伝送路の上の所定の位置に配置された光ファイバ増幅器を用いる光ファイバ通信方式であって、前記光ファイバ伝送路の端部から前記光ファイバ増幅器を励起するための第1の波長の励起光と、該第1の波長の励起光より、前記光ファイバ伝送路のラマンシフト量だけ短い、第2の波長の励起光を同時に前記光ファイバ伝送路に結合させることを特徴とする光ファイバ通信方式。

【請求項2】 請求項1記載の光ファイバ通信方式において、前記光ファイバ増幅器は、コア内にErイオンを添加した光ファイバを増幅媒体として用いていることを特徴とする光ファイバ通信方式。

【請求項3】 請求項1記載の光ファイバ通信方式において、前記光ファイバ増幅器は、コア内にPrイオンを添加した光ファイバを増幅媒体として用いていることを特徴とする光ファイバ通信方式。

【請求項4】 請求項1記載の光ファイバ通信方式において、前記第1の波長の励起光及び前記第2の波長の励起光を励起する励起光源として、InGaAsP/InPファブリペロ型半導体レーザを用いていることを特徴とする光ファイバ通信方式。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバ増幅器を用いた光ファイバ通信方式に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、コア内にErイオンを添加した光ファイバを増幅媒体として用いる光ファイバ増幅器が開発され、光ファイバ通信システムにおいて光ブースタ増幅器、光前置増幅器、光中継器など多種多様に応用されている。このような光ファイバ増幅器およびその光ファイバ通信システムへの適用については、例えば、K. Nakagawa, et al., "Trunk and Distribution Network Application of Erbium-Doped Fiber Amplifier", アイ・イー・イー・ジャーナル・オブ・ライトウェイブ・テクノロジー誌 (IEEE J. Lightwave Technology)、第LT-9巻、198-208ページに述べられている。

【0003】また、最近、送信および受信端局から励起光を送出し、光ファイバ伝送路上に配置した光ファイバ増幅器を励起することにより長スパン化を計る光ファイバ通信方式に関する研究開発が活発に検討されている。この方式は、励起光源と光ファイバ増幅器が所定長の光ファイバ伝送路を介して離れて設置されることから、遠隔励起方式と呼ばれている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】この遠隔励起方式で

は、励起光パワーを大きくできれば、光ファイバ増幅器を端局装置からより離れた場所に設置でき、スパン長をより長くすることができる。励起光パワーとしては、例えば、2個の波長1480nm帯半導体レーザを偏波合成することにより、数100mW以上の値が報告されている。[例えば、S. Sien, et al., "511 km at 2.5 Gbit/s and 531 km at 622 Mb/s-Unrepeated Transmission with Remote pumped amplifiers, Forward Error Correction and Dispersion Compensation", 1995 Conference on Optical Fiber Communication (OFC 95), San Diego California, USA 1995, Postdeadline Papers, PD-26. ]。

【0005】現在の半導体レーザモジュールで出力可能なレベルは、最大でも100mW~200mWであり、上記のような偏波合成手段あるいは波長合成手段を用いても、光ファイバ伝送路に結合できる励起光パワーは数100mW程度が限界であった。このため、遠隔励起用光ファイバ増幅器の配置場所は励起光源の出力によって実質的な限界が存在し、これによりスパン長が制限を受けていた。

【0006】本発明は、このような状況を鑑みて、スパン長を従来に比べてより長くできる光ファイバ通信方式を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、光ファイバ伝送路上の所定の位置に配置された光ファイバ増幅器を用いる光ファイバ通信方式であって、この光ファイバ伝送路端から前記光ファイバ増幅器を励起するための第1の波長の励起光と、この第1の波長の励起光より、前記光ファイバ伝送路のラマンシフト量だけ短い、第2の波長の励起光を同時に前記光ファイバ伝送路に結合させることを特徴とする。

## 【0008】

【作用】本発明では、光ファイバ増幅器を励起するための第1の波長の励起光と、この励起光より、光ファイバ伝送路のラマンシフト量だけ短い波長の第2の励起光を同時に光ファイバ伝送路に入射させている。このような構成によれば、光ファイバの誘導ラマン散乱効果により、光ファイバ伝搬中に第2の波長の励起光から第1の波長の励起光への光パワー変換が生じる。すなわち、第1の波長の励起光は、光ファイバ伝搬中に光増幅される。この結果、従来に比較して、遠隔励起用光ファイバ増幅器を端局装置からより遠方に配置することができ、よりスパン長を長くできるという利点が生じる。

## 【0009】

【発明の実施の形態】次に、図1を参照して、本発明の実施の形態に係る光ファイバ通信方式について詳細に説明する。

【0010】図1は、本発明の光ファイバ通信方式の一実施形態である。この実施形態において、光送信器1からの情報信号光は、光合波器3によって励起光源21からの第1の波長の励起光および励起光源22からの第2の波長の励起光と合波された後に、光ファイバ伝送路41に送出される。この情報信号光は、光ファイバ増幅器51、52によって増幅されるとともに光ファイバ伝送路42、43を伝送した後に光分波器6を通過し、光受信器8によって受光される。そして、この光受信器8より、情報信号が取り出される。受信側においては、励起光源71からの第1の波長の励起光および励起光源72からの第2の波長の励起光は、光分波器6によって情報信号光とは逆方向に光ファイバ伝送路43を伝搬する様に結合されている。

【0011】本実施形態において、光送信器1は、単一軸モード半導体レーザを光源として、 $\text{LiNbO}_3$ 光強度変調器を用いて外部変調しており、波長1555nm、ビットレート2.488Gb/s、出力パワー=+17dBmの信号光を発出している。また、光受信器8は、Er添加光ファイバ前置増幅器とInGaAs-PI-Nフォトダイオードで構成している。

【0012】励起光源21および71には、波長1480nm帯のInGaAsP/InPファブリペロ型半導体レーザモジュール、励起光源22および72には、波長1400nm帯のInGaAsP/InPファブリペロ型半導体レーザモジュールを用いており、出力は全て約190mWである。また、光ファイバ増幅器51、52は、いずれもEr添加光ファイバ、光ファイバ伝送路41、42、43は、単一モード光ファイバであり、長さはそれぞれ60km、340km、110kmである。ここで、それぞれ波長1400nm、1480nm、1555nm帯での伝送損失は、0.3dB/km、0.22dB/km、0.17dB/kmである。さらに、光合波器3および光分波器6は、波長1400nm帯と波長1480nm帯は全反射し、波長1555nm帯は透過率=90%以上の特性を有する誘電体多層膜フィルタを用いた波長多重カップラを適用しており、挿入損失は約1dBである。

【0013】この実施形態では、送信側においては、信号光パワー=+16dBm、波長1400nmの励起光パワー=170mW、波長1480nmの励起光パワー=160mWを光ファイバ伝送路41に送出している。この時、光ファイバ伝送路41では、誘導ラマン効果により、信号光に対しては3.2dB、波長1480nmの励起光については3.0dBの光増幅が生じ、光ファイバ増幅器51に信号光=+9.2dBm、波長1480nmの励起光=16mWが到達している。この16m

Wの1480nm励起光により、光ファイバ増幅器51にて5dBの光利得を生じている。さらに、信号光は、光ファイバ伝送路42を伝搬し、光ファイバ増幅器52には-43dBmの信号光パワーが入力される。一方、受信側からは、波長1480nmと波長1400nmの励起光を各々160mW、180mW送出しており、光ファイバ増幅器52には3mWの1480nm励起光が到達し、約18dBの光利得を生じている。ここで、光ファイバ伝送路43における1480nm励起光のラマン増幅利得は4dB、信号光のラマン利得は5dBであった。この構成により、この実施形態では光受信器8には、約-45dBmの信号光が受信でき、受信感度-47dBmに対して2dBのマージンでエラーフリー動作が可能で、スパン長510kmのシステムが実現された。

【0014】一方、比較のために、従来の様に、波長1400nmの励起光を用いず誘導ラマン効果を利用しない場合は、510km伝送後の受信レベルは-52dBmとなり、受信不能であった。

【0015】以上、本発明による光ファイバ通信方式について一実施形態を用いて説明したが、本発明はこの実施形態に限られることなくいくつかの変形が考えられる。

【0016】例えば、上記実施形態では、光ファイバ増幅器としてはEr添加光ファイバ増幅器を用いたが、Pr（プラセオジウム）などの他種の光ファイバ増幅器を用いてもよい。また、励起光源は、InGaAsP/InPファブリペロ型半導体レーザを適用したが、他の構造・材料の半導体レーザあるいは他種のレーザでもよく、励起光源の波長および数量は制限されない。さらに、光合分波器は、その性能を有する限りいかなる構造・種類であってもよく、上記実施形態に限定されない。

【0017】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、光ファイバ増幅器を用いた光ファイバ通信方式において、光ファイバ増幅器を励起するための第1の波長の励起光と、この励起光より、光ファイバ伝送路のラマンシフト量だけ短い波長の第2の励起光を同時に光ファイバ伝送路に入射させ、誘導ラマン散乱効果を利用して光ファイバ伝搬中に第2の波長の励起光から第1の波長の励起光への光パワー変換を生ぜしめている。この結果、従来に比較して、遠隔励起用光ファイバ増幅器を端局装置からより遠方に配置することができ、よりスパン長を長くできるといった利点が生じる。

【図面の簡単な説明】

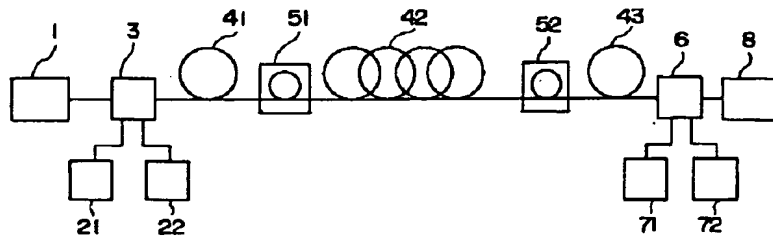
【図1】本発明の一実施形態の構成を示す図である。

【符号の説明】

1	光送信器
3	光合波器
6	光分波器

8	5	光受信器	41, 42, 43	6	光ファイバ伝送路
21, 71		(第1の波長の) 励起光源	51, 52		光ファイバ増幅器
22, 72		(第2の波長の) 励起光源			

【図1】



1: 光受信器	21: (第1の波長の) 励起光源	22: (第2の波長の) 励起光源	3: 光合波器
6: 光分波器	71: (第1の波長の) 励起光源	72: (第2の波長の) 励起光源	
8: 光受信器	41, 42, 43: 光ファイバ伝送路	51, 52: 光ファイバ増幅器	